辽东某超基性岩体铂族元素矿化地质特征

Mineralized Feature of Pge in Certain Ultrabasic Body , Liaodong

王相文

（辽宁有色抚顺地质勘查院，辽宁 抚顺 113015）

Wang Xiangwen

（Institute of Geology and Exploration of Fushun of Liaoning Nonferrous Metal, Fushun 113015, Liaoning, China）

摘 要 岩体产于花岗-绿岩地体中，属含铜、镍铁质超基性岩。具有明显的对称分异现象，由岩体中心向外可划分出辉石橄榄岩、橄榄辉石岩、角闪石岩三个岩相。各岩相之间均呈过渡关系，向深部表现为分异性较好，分相明显。岩体中见有铜、镍及 PGE（铂族元素）矿（化）体，PGE 矿化明显受基性程度、铜镍硫化物和氧化物富集程度制约，与镍元素具有正相关关系。PGE 呈独立矿物与铜、镍、钴矿物密切共生，或交代硫化物，或充填于缝隙间。PGE 矿物主要富集于岩体的中心相—辉石橄榄岩相，其形成主要在岩浆矿床形成的晚期硫化物阶段和岩浆期后热液硫化物阶段。

关键词 超基性岩 岩相 PGE（铂族元素） 矿化特征 相关分析

该岩体属含铜、镍超基性岩体，于 60 年代初步探明为一小型铜镍矿床，由于规模小，品位低，未被开发利用。70 年代初通过对岩体内部进行了 PGE（铂族元素）的查定和研究工作，发现了较好的 PGE 矿（化）体。

1 区域地质背景

区域位于华北地台辽东台背斜、抚顺—新宾隆起之南部边缘，岗山穹窿构造南部。构成基底地层主要为太古宇鞍山群，岩性为黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩等，呈互层状产出，局部间夹磁铁石英岩、角闪岩、斜长角闪岩。大部分地区遭受了强烈的混合岩化作用。在区域上形成了鞍山群变质岩系似“舟船”状漂浮于由花岗混合岩类组成的“大海”之中，即构成了所谓的花岗-绿岩地体,在中生代拗陷区分布有侏罗-白垩纪陆相碎屑沉积岩系及火山喷发沉积岩系（图 1）。

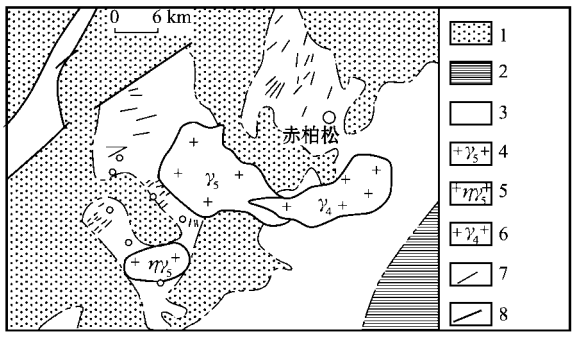


图 1 区域地质图

1—侏罗-白垩系； 2—震旦-寒武-奥陶系；3—太古界鞍山群变质岩系及花岗混合岩；4—中生代花岗岩；5—中生代二长花岗岩；6—古生代花岗岩；7—基性、超基性岩；8—断裂

区域构造以断裂为主，伴有小的平缓褶皱构造，断裂以东西向为早，在其基础上叠加了北西向及北东向，而以南北向为晚。每期断裂构造均具有多次复活之特点。由于各组断裂的存在及发育程度的差异，致使地层褶皱方向趋于复杂。

作者简介 王相文，男，1961 年生，现任辽宁有色抚顺地质勘查院副院长，高级工程师，主要从事地质勘查、矿床勘探、矿产技术经济评价及地质管理工作。

岩浆活动，由于各组构造的存在及发育程度所致，表现较为频繁，可分为如下几期：① 吕梁期：早期基性岩侵入，晚期花岗岩侵入及强烈之混合岩化作用；② 海西期：基性-超基性岩侵入，为本区铜、镍矿化的主要成矿期；③燕山期：早期中性-酸性-碱性火山岩喷发，晚期花岗岩侵入，主要有岗山花岗岩等。

2 超基性岩体地质特征

岩体侵入于太古宇鞍山群变质岩系及花岗混合岩中，产状与围岩基本一致，为顺层侵入，界线十分清楚，岩体平面上为似纺锤状。剖面上稍有变化，0 号剖面为牛角状，1 号剖面为扁豆状。而在空间上则呈一向南西倾斜，向北西侧伏之规则云舌状体，倾向 205°，倾角沿走向有所变化，中间为 30°，向两侧逐渐变化为 60°。沿倾向亦有变化，上盘较下盘陡，从上至下即由 45°变为 25°。地表岩体长 100 m 左右，宽 1～35 m，深部钻探工程控制走向延长 135 m，倾斜延深达 210 m。

岩体具明显的对称分异现象，可大致划分为 3 个岩相，各岩相特点如下：

（1）中心相——辉石橄榄岩相：岩石呈暗绿色，中粒粒状和鳞片变晶结构，块状构造，矿物成分主要为遭受强烈蛇纹石化，淡斜绿泥石化的橄榄石，其次为遭受强烈滑石化，次闪石化的辉石，少量金属硫化物，局部较多，原生矿物多呈残留体出现。该岩相向两端逐渐尖灭，此带宽 5～15 m。

（2）过渡相（中间相）——橄榄辉石岩相：岩石呈暗绿色，中粒粒状和鳞片变晶结构，块状构造，矿物成 分主要为遭受强烈次闪石化及滑石化的辉石，其次为遭受强烈蛇纹石化，淡斜绿泥石化的橄榄石，少量金属硫化物，原生矿物多呈残留体出现。此带地表较窄，宽 3～8 m。

（3）边缘相——角闪石岩相：岩石呈灰绿—暗灰色，纤维变晶结构，块状构造，矿物成分主要为角闪石约占 90%以上，呈较大细柱状晶体略具定向排列，其次含有少量的金云母及极少量的金属硫化物。此带地表或坑内皆清晰可见，一般宽 1～7 m。

各岩相之间均呈过渡关系，且南北对称，向两侧东南部比北西部窄，向深部表现为分异性较好，分相明显。

岩体自变质作用强烈，表现为橄榄石在各岩相中大部分遭受强烈的蛇纹石化和淡斜绿泥石化，辉石大部分遭受次闪石化和滑石化，金云母大量出现于边缘相，可能是同化围岩的产物，由于这些强烈蚀变，部分以至全部改变了原岩面貌。

岩体岩石化学成分（表 1），随着岩石基性程度的降低，SiO_2 逐渐增高，Al_2O_3、CaO、Na_2O、K_2O 也随之增高，而 MgO、FeO、Fe_2O_3 则逐渐降低。其化学成分与正常超基性岩类同，Q 为负值，说明二氧化硅不饱和，含碱较低，属正常超基性岩。岩石的 m／F＝2.7～3.7，一般为 3.2～3.6，平均 3.2，属铁质超基性岩。

表 1 岩石化学成分分析（%）及镁、铁比值表

岩石名称	辉石橄榄岩	辉石橄榄岩	橄榄辉石岩	橄榄辉石岩	橄榄辉石岩	角闪石岩	角闪石岩	二辉橄榄岩
SiO_2	40．34	44．54	41．26	46．48	43．68	46．33	46．18	43．95
TiO_2	0．56	0．60	0．55	0．61	0．65	0．65	0．05	0．10
Al_2O_3	6．72	7．24	7．24	8．42	8．64	8．57	9．74	4．82
Fe_2O_3	3．05	2．19	4．33	2．69	2．94	1．42	0．66	2．20
FeO	9．47	9．83	8．66	10．16	8．80	9．61	10．23	6．34
MnO	0．03	0．09	0．03	0．10	0．03	0．07	0．06	0．19
MgO	25．30	22．40	25．20	18．95	20．72	19．59	16．77	36．81
CaO	5．50	4．93	5．55	5．71	7．56	5．94	7．28	3．57
Na_2O	0．50	0．80	0．50	1．20	0．60	2．10	1．70	0．63
K_2O	0．25	1．00	0．30	0．80	2．52	1．50	2．70	0．21
P_2O_5	0．03	0．02	0．03	0．01	0．04	0．02	0．02	0．10
H_2O	4．16	3．28	4．21	2．15	1．50	2．03	1．24	1．08
CO_2	0．48	0．30	0．34	0．23	0．17	0．53	0．19	
SO_3	2．60	1．46	0．08	1．90	1．26	1．34	2．21	
总量	98．99	98．68	98．28	99．41	99．11	99．70	99．03	
m/F	3．7	3．4	3．6	2．7	3．2	3．2	2．7	

注：二辉橄榄岩为戴里标准值

岩体中见有铜、镍、PGE 矿化，且构成具有一定意义的工业矿体，矿石物质成分如表 2。铜镍矿床类型，属岩浆晚期熔离型矿床。

表 2　矿石物质组成一览表

矿物	金属矿物	脉石矿物	铂族元素矿物
主要	黄铁矿、镍黄铁矿、磁黄铁矿、磁铁矿	辉石、橄榄石、透闪石、金云母	铋碲铂矿、铋碲钯铂矿、砷铂矿
次要	钛铁矿、方铅矿、闪锌矿、铁镍矿、自然锡、辰砂、含镍磁黄铁矿、自然金	自然硫、滑石、蛇纹石、绿泥石、铬绿泥石、锆英石、石英	铋碲镍铂矿、铋碲铂钯矿、铋碲钯矿、等轴铋碲钯矿

3　铂族元素矿化特征

经区内 160 个样品，分析结果表明：整个岩体 PGE 矿化均有显示，个别围岩中样品铂钯含量达 0.31×10^{-6}，但矿化不均匀。岩体中 PGE 矿化，向深部有变富之趋势。如地表样品铂 0.23×10^{-6}～0.43×10^{-6}、钯 0.20×10^{-6}～0.60×10^{-6}、钌 0.046×10^{-6}～0.10×10^{-6}、锇 0.037×10^{-6}～0.082×10^{-6}、铑 0.009×10^{-6}～0.025×10^{-6}、铱 0.021×10^{-6}～0.053×10^{-6}，铂、钯合量最高为 1.29×10^{-6}，PGE 合量 0.758×10^{-6}～1.545×10^{-6}。而深部一号坑内铂 0.12×10^{-6}～1.28×10^{-6}、钯 0.03×10^{-6}～1.10×10^{-6}、钌 0.008×10^{-6}～0.422×10^{-6}、锇 0.01×10^{-6}～0.277×10^{-6}、铑 0.003×10^{-6}～0.07×10^{-6}、铱 0.008×10^{-6}～0.156×10^{-6}，铂、钯合量最高 2.37×10^{-6}，PGE 合量 0.21×10^{-6}～3.08×10^{-6}。

PGE 矿化明显受基性程度、铜镍硫化物和氧化物富集程度制约。中心相——辉石橄榄岩相 PGE 矿化较好，局部地段可构成工业矿体。其它两岩相中 PGE 矿化表现为孤立高含量点或连续较差，构不成完整的矿体。从原矿、金属矿物及脉石矿物 PGE 分析（表 3）中可见,PGE 主要富集在金属矿物中。

表 3　原矿、金属矿物、脉石矿物中 PGE 含量表

类别	Pt/10^{-6}	Pd/10^{-6}	Os/10^{-6}	Ru/10^{-6}
原矿石	0．95	1．180	0．200	0．165
金属矿物	1．42～1．62	1．62～2．20	0．465～0．787	0．362～0．490
脉石矿物	0．55～0．88	0．34～0．38	0．148～0．190	0．108～0．120

PGE 矿物呈独立矿物与铜、镍、钴矿物密切共生，或交代硫化物，或充填于缝隙间。

通过光片、重砂鉴定、电子探针分析，已发现以下七种 PGE 矿物，其特征如下：

（1）铋碲镍铂矿（Pt，Ni）(Te，Bi)$_2$：人工重砂中为浑圆状和不规则状，呈锡白色，表面氧化时局部出现古铜色，强金属光泽。反光下为白色，有的白色带黄色调，较软，显微硬度为 24.2～36.2 kg/mm^2 ，摩氏硬度 1.47～1.9 ，非均质，脆微带展性，反射率：红光 61%、绿光 57%、橙光 54%，重砂光片中见到与磁黄铁矿和黄铁矿共生，矿物颗粒 10～20 μm，化学成分经电子探针分析，铂 28%、镍 3.4%、碲 47%、铋 14.5%，合量为 92.9%。

（2）铋碲铂矿 Pt(Te，Bi)$_2$：为该区主要含铂矿物，锡白色，强金属光泽，不规则粒状，浑圆状，反光下白色，强非均质，偏光色灰绿—灰棕色，反射率：红光 63%、绿光 67%、橙光 66%，显微硬度 29.1～42.5 kg/mm^2，摩氏硬度 1.65～2。光片中可见规则的六边形断面，多与磁黄铁矿、黄铜矿及脉石共生，矿物颗粒多在 10 μm 以下，化学成分经电子探针分析，铂 34.4%、钯 1.8%、铋 22.2%、碲 41.5%，总量 99.9%。

（3）等轴铋碲钯矿 Pd(Te，Bi)$_2$：反光下呈白色，均质性，较软，显微硬度 35～48.2 kg/mm^2，摩氏硬度 1.7～2，反射率：红光 56%、绿光 60%、橙光 58%，光片中见到与镍黄铁矿和黄铜矿共生，矿物颗粒在 5～10 μm，化学成分经电子探针分析钯 27%、碲 38%、铋 37%，合量 102%。

（4）铋碲钯铂矿（Pt，Pd）(Te，Bi)$_2$：为该区主要含铂矿物，亮铅灰色，锡白色，不规则状，浑圆

状，长板状和六方板状晶形，金属光泽，（0001）面解理发育，断口呈参差状和阶梯状，无磁性，显微硬度 60.7～105 kg/mm^2，摩氏硬度 2.0～2.3，反光下为白色，灰白色，弱非均质， 双反射明显，偏光暗褐—灰棕色，反射率：红光 64%～66%、绿光 66%～67%、橙光 60%～65 %，重砂和光片中见到的矿物颗粒大小范围 0.003～0.030 mm， 多与脉石和磁黄铁矿共生，但较磁黄铁矿为晚。化学成分经电子探针分析，铂 30.9%，钯 4.1%，铋 20.4%，碲 44.5%，合量 99.9%。

（5）铋碲钯矿 $Pd(Te，Bi)_2$：锡白色，强金属光泽，不规则粒状，亦见有六方板状者，反光下白色，强非均质，偏光色深灰－暗棕色，反射率 红光 69.9%、绿光 68.9%、橙光 65.5%，显微硬度 206～246 kg/mm^2，摩氏硬度 3.5～4。光片见六方板状晶体与黄铜矿和脉石共生。颗粒直径 0.005～0.01 mm，化学成分经电子探针分析，钯 25.6%、铋 26.3%、碲 49.6%、铂 1.1%。

（6）铋碲铂钯矿（Pd，Pt）$(Te，Bi)_2$：锡白色，铅灰色，浑圆粒状，不规则粒状，六方板状，非磁性，性脆，一组解理发育，断口呈参差状，阶梯状，反光下白色带粉色调，非均质偏光色灰绿－暗棕色，反射率：红光 56%、绿光 54.7%、橙光 56.7%，显微硬度为 72～140 kg/mm^2，摩氏硬度 2～2.9。光片见呈六方板状晶体与磁黄铁矿和脉石共生， 形成较磁黄铁矿晚，较共生脉石矿物早，化学成分经电子探针分析，铂 4.1%～12%、钯 23%～23.8 %、铋 27.2%～40.4%、碲 33.7%～40.3%。

（7）砷铂矿 $PtAs_2$：为该区主要含铂矿物，仅次于铋碲铂矿和铋碲钯铂矿，锡白色，暗银灰色，金属光泽，不规则粒状，断口贝壳状，性脆，非电磁性，反光下白色、均质，反射率：红光 53%、绿光 54.4%、橙光 56.5%，显微硬度 783～900 kg/mm^2，摩氏硬度 6～6.2。光片中见到与磁黄铁矿共生，颗粒为 0.005～0.07 mm，化学成分经电子探针分析，铂 51.6%～52.2%、砷 48.4%～48%。

4 铂族元素与镍元素的相关性

从 160 个样品分析结果中，选出 PGE（铂、钯合量）含量大于 0.1×10^{-6} 的样品 55 件做 PGE 与镍元素的相关分析，其结果是：Pt-Ni=0.8605，Pd-Ni=0.8660，Ru-Ni=0.6497，Rh-Ni=0.7420，Os-Ni=0.7768，Ir-Ni=0.6796，（Pt+Pd）-Ni=0.8886，（Ru+Rh+Os+Ir）-Ni=0.7227。从相关系数可看出，PEG 与镍元素均具有正相关关系。特别是铂、钯与镍的相关性最强，表明随着主金属镍的增加，铂、钯有递增的趋势。钌、铑、锇、铱的含量也随之增加。

5 铂族元素成矿作用浅析

PGE 与铜镍等元素同出一源，但在随着超基性岩浆到岩浆期后热液阶段的复杂演化过程中，，PGE 的地球化学行为亦有所变化，在岩浆矿床阶段，由于大量铁、镍、铜、硫形成了磁黄铁矿、黄铜矿、镍黄铁矿、黄铁矿和磁铁矿等，而部分 PGE 以类质同象形成进入岩浆矿床的硫化物矿物和氧化物矿物中，在岩浆矿床的晚期阶段和岩浆期后热液阶段，由于大量铁、镍、铜已形成了岩浆期矿物，相比之下，部分 PGE 及铋、碲元素相对富集，因它们地球化学行为密切（离子半径相近，亲合力强），故形成了以铂、钯为主的铋碲系列矿物。据矿化多期性，PGE 矿物晶出较晚，与方铅矿、闪锌矿、自然硫、辰砂等热液硫化物矿物密切伴生，可初步判断 PGE 矿物形成主要在岩浆矿床形成的晚期硫化物阶段和岩浆期后热液硫化物阶段。

参 考 文 献

朱文凤、梁有彬. 2000. 金川铜镍硫化物矿床铂族元素的赋存状态及分布规律[J]. 地质与勘探，(1)：26～28.